

**УКРАЇНСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ ЗАЛІЗНИЧНОГО  
ТРАНСПОРТУ**

**На правах рукопису**

**Чубикало Михайло Борисович**

**УДК 629.424.2:62-55**

**УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМ ПОВІТРОПОСТАЧАННЯ СУЧАСНОГО  
РУХОМОГО СКЛАДУ ЗА РАХУНОК ВИКОРИСТАННЯ  
КОМПРЕСОРИВ НОВОГО ТИПУ**

05.22.07 – рухомий склад залізниць та тяга поїздів

Дисертація на здобуття наукового ступеню  
кандидата технічних наук

Науковий керівник  
Братченко Олександр Васильович  
кандидат технічних наук, доцент

Харків – 2011

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
<b>РОЗДІЛ 1 ОБҐРУНТУВАННЯ ПЕРСПЕКТИВНИХ НАПРЯМКІВ УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМ ПОВІТРОПОСТАЧАННЯ РУХОМОГО СКЛАДУ.....</b>	<b>11</b>
1.1 Аналіз існуючих систем повітропостачання тягового та моторвагонного рухомого складу.....	10
1.2 Особливості конструкції компресорів сучасного тягового рухомого складу .....	16
1.3 Обґрунтування доцільності використання компресорів нової конструкції.....	41
1.4 Висновки за розділом 1.....	51
<b>РОЗДІЛ 2 РОЗРАХУНКОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ КОМПРЕСОРІВ НОВОГО ТИПУ ДЛЯ УДОСКОНАЛЕНИХ СИСТЕМ ПОВІТРОПОСТАЧАННЯ ТЯГОВОГО ТА МОТОРВАГОННОГО РУХОМОГО СКЛАДУ.....</b>	<b>52</b>
2.1 Методика розрахунку основних конструктивних параметрів біроторних шибєрних компресорів.....	52
2.2 Особливості розрахунку робочого процесу біроторного шибєрного компресора.....	67
2.3 Кінематичне та динамічне дослідження механічної системи нового компресора.....	72
2.4 Розрахункове дослідження конструктивних параметрів компресорів нового покоління для сучасного тягового та моторвагонного рухомого складу.....	82
2.5 Висновки за розділом 2.....	95
<b>РОЗДІЛ 3 ПРОЕКТУВАННЯ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ</b>	<b>96</b>

ДОСЛІДЖЕННЯ КОМПРЕСОРА НОВОГО ТИПУ ДЛЯ УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМ ПОВІТРОПОСТАЧАННЯ МОТОРВАГОННОГО РУХОМОГО СКЛАДУ .....	
3.1 Розробка конструкції дослідного нового компресора типу.....	96
3.2 Особливості технології виготовлення та складання експериментального зразка нового компресора.....	108
3.3 Особливості проведення та результати експериментального дослідження біроторного шибєрного компресора .....	114
3.4 Оцінювання розрахункового економічного ефекту від впровадження компресорів нового типу на моторвагонному рухомому складі.....	125
3.5 Висновки за розділом 3.....	129
ВИСНОВКИ.....	130
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	133
ДОДАТКИ .....	143

Досягнення високих техніко-економічних показників перевізного процесу на залізничному транспорті України пов'язано з рішенням задач щодо забезпечення потрібних експлуатаційних характеристик і надійності систем сучасного тягового рухомого складу (ТРС), які визначають безпеку руху поїздів. Серед таких систем в першу чергу слід виділити систему повітропостачання, яка функціонально пов'язана з гальмовою, електропневматичною, пісочною системами ТРС, а також відповідними допоміжними приладами. При цьому головну роль в забезпеченні зазначених систем стислим повітрям (з необхідними показниками за продуктивністю і тиском) відіграють компресори.

В нинішній час на тяговому та моторвагонному рухомому складі Укрзалізниці використовуються, в основному, поршневі компресори (типів КТ-6, КТ-7, К-3, ПК-3,5, ПК-5,25 та інш.), які при достатній продуктивності і тиску нагнітання характеризуються досить великими масогабаритними показниками, витратами потужності на привод, а також високими рівнями вібрацій, які негативно впливають на надійність і довговічність систем повітропостачання ТРС.

Вищевказане визначило важливість проведення науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт, спрямованих на удосконалення систем повітропостачання сучасного рухомого складу за рахунок поліпшення характеристик функціонування компресорів.

### **Актуальність теми дисертації**

Результати досліджень, які проводились в Українській державній академії залізничного транспорту (УкрДАЗТ), показали, що віброактивність поршневих компресорів, які використовуються на рухомому складі, визначається використанням в основі їх механічних систем різних за конструктивними параметрами кривошипно-шатунних механізмів. До основних недоліків таких механізмів слід віднести високий ступінь інерційних навантажень, який головним чином визначається

неврівноваженістю значних мас, що здійснюють зворотно-поступальний рух. До того ж поршневі компресори, що використовуються на ТРС, мають значні масогабаритні показники, суттєві витрати потужності на привод, а в окремих випадках потребують використання редукторів для їх приводу.

В Комплексній програмі оновлення залізничного рухомого складу України на 2006-2010 роки, затвердженої Наказом міністерства транспорту та зв'язку від 5 червня 2006 р. №535, визначені актуальні науково-технічні проблеми створення ТРС нового покоління. Серед них виділено необхідність розробки і впровадження на залізничному транспорті нових типів локомотивних компресорів. Такі компресори на відзнаку від існуючих повинні забезпечувати потрібні характеристики функціонування систем повітропостачання сучасного ТРС при виконанні вимог надійності, зменшення габаритних розмірів та витрат потужності на привод. Це обґрунтувало необхідність проведення наукових досліджень в УкрДАЗТ в такому напрямку.

За результатами проведених досліджень встановлено, що одним з перспективних напрямків вирішення такого науково-практичного завдання є створення і використання компресорів нової конструкції. Зокрема розроблених в УкрДАЗТ біроторних шибєрних компресорів (БШК), які мають суттєві переваги у порівнянні з існуючими поршневими компресорами за вказаними вимогами.

### **Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами**

Дисертація виконана згідно Стратегії розвитку залізничного транспорту на період до 2020 року, схваленої розпорядженням Кабінету Міністрів України від 16 грудня 2009 року N 1555-р., а також планів держбюджетної науково-дослідної роботи «Розробка нової концепції і методів удосконалення механічних систем локомотивних енергетичних установок з метою поліпшення експлуатаційних характеристик» (ДР 0107U000341).

### **Мета і задачі дослідження**

Метою роботи є вирішення науково-практичного завдання – удосконалення систем повітропостачання сучасного тягового рухомого складу за рахунок використання компресорів нового типу.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі задачі:

- виконати аналіз існуючих систем повітропостачання тягового та моторвагонного рухомого складу; провести дослідження особливостей конструкції поршневих компресорів, що використовуються в системах повітропостачання сучасного тягового та моторвагонного рухомого складу; оцінити надійність систем повітропостачання ТРС з поршневими компресорами в експлуатації;
- проаналізувати доцільність і можливість удосконалення систем повітропостачання сучасного ТРС за рахунок використання нових компресорів, зокрема БШК;
- отримати математичні залежності показників роботи БШК від їх основних конструкційних параметрів;
- доопрацювати математичні моделі для розрахунку параметрів робочого процесу БШК у складі систем повітропостачання ТРС;
- отримати математичні залежності для розрахунку кінематичних та динамічних характеристик механічної системи нового компресора;
- визначити основні конструкційні параметри, параметри робочого процесу і техніко-економічні показники БШК для систем повітропостачання сучасних локомотивів і моторвагонного рухомого складу;
- розробити конструкцію БШК для систем повітропостачання моторвагонного рухомого складу;
- виконати відповідні технологічні проробки і виготовити дослідний зразок БШК;
- виготовити дослідний стенд і провести випробування з підтвердження працездатності компресора нової конструкції та адекватності розроблених математичних моделей;

- визначити економічну ефективність від впровадження рекомендацій з удосконалення систем повітропостачання сучасного рухомого складу за рахунок використання компресорів нового типу.

**Об’єкт дослідження** – процес удосконалення систем повітропостачання сучасного тягового рухомого складу на основі використання компресорів нової конструкції.

**Предмет дослідження** – конструкція біроторного шибєрного компресора для систем повітропостачання сучасного тягового рухомого складу.

#### **Методи дослідження**

При виконанні дисертаційних досліджень використовувались сучасні методи дослідження та удосконалення конструкції рухомого складу; методи теорії надійності при оцінюванні надійності існуючих поршневих компресорів в експлуатації ТРС; сучасні методи проектування і конструювання при розробці конструкції БШК і отриманні математичних залежностей показників нових компресорів від їх основних конструкційних параметрів; методи теорії механізмів і машин при складанні математичних залежностей для розрахунків кінематичних і динамічних характеристик механічної системи нового БШК; методи математичного планування експерименту в дослідженнях з визначення основних конструкційних параметрів і техніко-економічних показників нових компресорів для систем повітропостачання сучасних локомотивів і моторвагонного рухомого складу; сучасні методи експериментальних досліджень при визначенні показників дослідного компресора нової конструкції для систем повітропостачання тягового рухомого складу.

#### **Наукова новизна отриманих результатів**

В дисертаційній роботі вирішено науково-практичне завдання поліпшення експлуатаційних характеристик систем повітропостачання сучасного тягового рухомого складу за рахунок використання компресорів нового типу.

### ***Вперше:***

- науково обґрунтована доцільність використання БШК для удосконалення систем повітропостачання сучасного тягового рухомого складу;
- отримані нові аналітичні залежності для визначення показників роботи БШК від їх основних конструкційних параметрів, які забезпечують їх проектування у відповідності до експлуатаційних характеристик систем повітропостачання тягового рухомого складу;
- розроблені математичні залежності і алгоритм для розрахунку кінематичних і динамічних характеристик механічної системи БШК, які забезпечують визначення їх експлуатаційних характеристик у складі систем повітропостачання ТРС.

### ***Дістали подальшого розвитку:***

- математичні моделі для визначення основних параметрів робочого процесу нових компресорів (БШК) за рахунок введення процедури уточнених розрахунків зміни їх поточних об'ємів;
- методи експериментального дослідження компресорів для систем повітропостачання сучасного ТРС.

### **Практичне значення одержаних результатів:**

- для систем повітропостачання сучасних локомотивів і моторвагонного рухомого складу визначені основні конструкційні параметри, параметри робочого процесу і техніко-економічні показники БШК;
- запропоновані технічні рішення з удосконалення систем повітропостачання сучасного ТРС і компресорних станцій локомотиворемонтних підприємств, які захищені патентами України на винаходи та прийняті до впровадження в локомотивному депо Полтава і КП «Харківський метрополітен»;
- рекомендації з виготовлення, складання та випробування нових компресорів запропонованої конструкції;



- матеріали дисертаційної роботи можуть використовуватися при створенні нових і модернізації існуючих систем повітропостачання сучасного ТРС, а також у навчальному процесі Української державної академії залізничного транспорту при підготовці бакалаврів, спеціалістів і магістрів за спеціальністю «Рухомий склад та спеціальна техніка залізничного транспорту».

### **Особистий внесок здобувача**

В основних працях, що написані у співавторстві, здобувачеві належить: [1] – конструкція нового компресора для систем повітропостачання ТРС; [2] – методика визначення продуктивності компресора запропонованої конструкції; [3], [4] - математичні залежності для проведення розрахунків робочих поточних об'ємів БШК для ТРС; [5] – особливості впровадження нових компресорів в системах повітропостачання сучасного ТРС; [6] – розглядання особливостей виготовлення компресорів нової конструкції; [7] - методика розрахунку кінематичних характеристик ланок механічної системи БШК; [9] – результати математичного моделювання робочого процесу БШК для систем повітропостачання моторвагонного рухомого складу; [10] – нова конструкція компресорів для систем повітропостачання сучасного тягового і моторвагонного рухомого складу.

В додаткових працях, що написані у співавторстві, здобувачеві належить: [11] – конструкція стенду для проведення випробувань компресорів нової конструкції для систем повітропостачання ТРС; [12] – результати досліджень механічних систем компресорів для сучасного ТРС; [13] – нова конструкція компресорів роторного типу для систем повітропостачання сучасного тягового і моторвагонного рухомого складу.

**Апробація результатів дисертації.** Основні матеріали результатів дисертаційної роботи доповідалися й отримали схвалення на 12 міжнародних науково-технічних конференціях:

- 17-ій міжнародній школі-семінарі «Перспективні системи управління на залізничному, промисловому і міському транспорті» (м. Алушта, 2005 р.);

- 66-й, 67-й, 68-й, 69-й, 70-й, 71-й та 72-й міжнародних науково-технічних конференціях кафедр академії та спеціалістів залізничного транспорту і підприємств (Україна, м. Харків, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010 рр.);

- 15-й, 16-й і 17-й міжнародній науково-практичній конференції «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я» (Україна, м. Харків, 2007, 2008, 2009 рр.);

- Materiály v mezinárodní vědecko-praktická konference “DNY VĚDY 2009” 27 března – 05 dubna 2009 roku. Díl 17. Technické vědy. Matematika.: - Praha, 2009. - міжнародній науково-технічній конференції «Дні науки - 2009» (Чехія, м. Прага, 2009 р.)

Повністю результати дисертаційної роботи заслухані і схвалені на 72-й міжнародних науково-технічних конференціях кафедр академії та спеціалістів залізничного транспорту і підприємств (квітень 2010 р.), а також об'єднаному засіданні кафедр «Експлуатація та ремонт рухомого складу», «Механіка проектування машин» і «Матеріали і технології виготовлення виробів транспортного призначення» УкрДАЗТ за участю членів спеціалізованої вченої ради (серпень 2010 р.).

**Публікації.** Результати дослідження опубліковані в 10 статтях у фахових виданнях, затверджених ВАК України.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Мороз В.І., Нова конструкція компресорів для технічних засобів транспорту / В. І. Мороз, М. Б. Чубикало, О. В. Братченко // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2004. – Вип. 61. – С. 8-12.
2. Мороз В. І. Методика розрахунку продуктивності багатокамерного біроторного компресору / В. І. Мороз, М. Б. Чубикало, О. А. Логвіненко // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – Харків: ХНТУСГ, 2005. – Вип. 33. – С. 103-109.
3. Мороз В. І. Уточнена методика розрахунку робочого об'єму багатокамерного біроторного компресора / В. І. Мороз, О. А. Логвіненко, М. Б. Чубикало // Міжвуз. зб. наук. Праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2005. – Вип. 70. – С. 108-112.
4. Мороз В. І. Методика розрахунку поточних об'ємів роторного компресора / В. І. Мороз, М. Б. Чубикало, О. А. Логвіненко // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2005. – Вип. 69. – С. 80-90.
5. Перспективи використання нових багатокамерних біроторних компресорів на сучасних електровозах / В. І. Мороз, М. Б. Чубикало, О. В. Братченко, Н. П. Карпенко, О. А. Логвіненко // Зб.наук.праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2005. – Вип. 73. – С. 124-127.
6. Мороз В. І. Технологічний аспект виготовлення нових багатокамерних компресорів для рухомого складу / В. І. Мороз, М. Б. Чубикало // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2006. – Вип. 79. – С. 73-79.
7. Братченко О. В. Визначення кінематичних характеристик механічної системи багатокамерного біроторного компресора для технічних засобів транспорту / О. В. Братченко, О. А. Логвіненко, М. Б. Чубикало // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2009. – Вип. 107. – С. 147-152.

8. Чубикало М. Б. Експериментальне дослідження багатоканального біроторного компресора для технічних засобів транспорту / М. Б. Чубикало // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2009. – Вип. 108. – С. 154-158.

9. Братченко О. В. Моделювання робочого процесу багатоканального біроторного компресора / О. В. Братченко, О. А. Логвіненко, М. Б. Чубикало // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2010. – Вип. 113. – С. 143-148.

10. Пат. 81264 А Україна, МПК (2006) F04C18/00, F04C18/34, F04C18/356. Роторний компресор (варіанти) / Мороз В. І., Чубикало М. Б., Братченко О. В. - №200503571; Заявл.15.04.2005; опубл. 15.12.2006, Бюл. №12.

11. Мороз В. І. Стенд для експериментальних досліджень транспортних біроторних компресорів нового типу / В. І. Мороз, М. Б. Чубикало, О. В. Братченко // Materiály V mezinárodní vědecko-praktická konference “DNY VĚDY 2009” 27 března – 05 dubna 2009 roku. Díl 17. Technické vědy. Matematika.: - Praha, 2009. – S. 56 – 59.

12. Розробка нової концепції і методів удосконалення механічних систем локомотивних енергетичних установок з метою поліпшення експлуатаційних характеристик: [звіт про НДР № ДР 0107U000341] – Харків: УкрДАЗТ, 2008. – 106 с.

13. Пат. 51789 Україна, МПК (2009) F01C1/348, F02B55/00, F03C2/00. Роторна машина / Чубикало М. Б. - №200903199; Заявл. 24.07.2009; опубл. 26.07.2010. Бюл. №14.

14. Концепция развития транспорта Украины на 1997 – 2010 г. Министерство транспорта Украины. №2 / 21 – 3-1428 от 14.11.1997 г. – К. 1997. – 25 с.

15. Концепція і Програма реструктуризації на залізничному транспорті України. К.: НАБЛА, 1998. – 145 с.

16. Комплексна програма оновлення рухомого складу залізничного транспорту України на 2006 – 2010 роки / Том 1. – 2006. – 416 с.
17. Правила технічної експлуатації залізниць України. Міністерство транспорту України. / Транспорт України, 1995. – 256 с.
18. Інструкція з експлуатації гальм рухомого складу на залізницях України. №ЦТ-ЦВ-ЦЛ-0015. зі змінами і доповненнями згідно з наказом №312-ц від 07.06.2001р. – К.: ТОВ «Поліграфсервіс», 2004.- 144с.
19. Балашов А. В. Тепловоз ТЭМ 7 / А. В. Балашов; под ред. Г. С. Меликджанова. – М.: Транспорт, 1989. – 292 с.
20. Венцевич Л. Е. Локомотивные устройства обеспечения безопасности движения поездов и расшифровка информационных данных их работы / Л. Е. Венцевич. - М.: Маршрут, 2006. - 328 с.
21. Крылов В. И. Автоматические тормоза подвижного состава. / В. И. Крылов, В. В. Крылов. - М.: Транспорт, 1977. - 320 с.
22. Асадченко В. Р. Автоматические тормоза подвижного состава. / В. Р. Асадченко. - М.: Маршрут, 2006. – 392 с.
23. Пассажирский тепловоз ТЭП70. / В. Г. Быков, Б. Н. Морошкин, Г. Е. Серделевич, Ю. В. Хлебников, В. М. Ширяев // М.: Транспорт, 1976 - 232 с.
24. Алябьев С. А. Устройство и ремонт электровозов постоянного тока. / С. А. Алябьев, Е. В. Горчаков, С. И. Осипов и др. - М.: Транспорт, 1977. - 464 с.
25. Калинин В. К. Электровозы и электропоезда. / В. К. Калинин. - М.: Транспорт, 1991. – 480 с.
26. Дизель-поезда: [Устройство, ремонт, эксплуатация] / Б. М. Лернер, Н. П. Ковалев, В. П. Лебедев, А. А. Курятников / - М.: Транспорт, 1982. - 279 с.
27. Михайленко А. А. Дизель-поезда типа ДР. / А. А. Михайленко. - М.: Транспорт, 1990. - 334с.

28. Галкин В. Г. Надежность тягового подвижного состава / Г. В. Галкин, В. П. Парамзин, В. А. Четвергов. - М.: Транспорт, 1981. – 184с.
29. Тормозное оборудование железнодорожного подвижного состава / В. И. Крылов, В. В. Крылов, В. Н. Ефремов, П. Т. Демушкин. - М.: Транспорт, 1989. - 487с.
30. Тепловозы. Конструкция, теория и расчет / [Под ред. Н. И. Панова]. - М.: Машиностроение, 1976. – 544 с.
31. Афонин Г. С. Устройство и эксплуатация тормозного оборудования подвижного состава / Г. С. Афонин, В. Н. Барщенков, Н. В. Кондратьев - М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 304 с.
32. Лашко А. Д. Технічні вимоги до тягового рухомого складу нового покоління / А. Д. Лашко, С. Г. Грищенко // Залізничний транспорт України: №3, 2008.- С.11-14.
33. Стукалкин А. Н. Пантографы электрических локомотивов. / А. Н. Стукалки, Смирнов А. И. - М.: Трансжелдориздат, 1962. - 80с.
34. Дослідження особливостей функціонування керуючих механізмів системи регулювання швидкості енергетичної установки дизель-поїздів типу ДР1А/ В. І. Мороз, А. І. Біленький, Н. П. Карпенко , О. В. Братченко // Матеріали 2-го міжнародного з'їзду з теорії механізмів і машин. – Харків: ІМІС НАН України, 2005. – С. 60-65.
35. Мороз В. І. Дослідження характеристик функціонування електропневматичного модуля перетворення системи регулювання швидкості дизель-поїздів ДР1А / В. І. Мороз, А. І. Біленький, О. В. Братченко. // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2006. – Вип 73. – С. 108 – 113.
36. Киселев В. В. Компрессоры локомотивов. / В. В. Киселев, С. П. Мезенцев, П. А. Шелест. - М.: Машиностроение, 1965. – 335 с.
37. Меренцев С. П. Компрессоры локомотивов. / С. П. Мезенцев. - М.: Транспорт, 1974. – 80 с.
38. Френкель М. И. Поршневые компрессоры / М. И. Френкель. - Л.: Машиностроение, 1969. - 743с.

39. Компрессоры КТ6, КТ7, КТ6Эл. Полтава, 2003. – 2 с.
40. Страхович К. И. Компрессорные машины / К. И. Страхович, М. И. Френкель, И. К. Кондряков. - М.: Государственное издательство торговой литературы, 1961. – 600с.
41. Пластинин П. И. Теория и расчет поршневых компрессоров. / П. И. Пластинин. - М.: Агропромиздат, 1987. – 271 с.
42. Мороз В. І. Основи конструювання і САПР: [навчальний посібник] / В. І. Мороз, О. В. Братченко, В. В. Ліньков. – Харків: Нове слово, 2003.– 194 с.
43. Бершадский С. А. Снижение вибрации и шума поршневых компрессоров / С. А. Бершадский - Л.: Судостроение, 1990. – 272 с.
44. Вибрации в технике: Справочник в 6 т. / [ред. В. Н. Челомей]. Т.6. Защита от вибраций и ударов [Под ред. К. В. Фроловна]. – М.: Машиностроение, 1981. – 456 с.
45. Григорьев Е. Т. Расчет и конструирование резиновых амортизаторов / Е. Т. Григорьев. - М.: Государственное научно-техническое издательство машиностроительной литературы, 1960. – 158 с.
46. Описание и инструкция по техобслуживанию тормозных компрессоров К-3. ЧКД ПРАГА: о. п. завод Жданов у Чешской Липы, 1990.- 23 с.
47. Электроподвижной состав: Эксплуатация, надежность, ремонт / [под ред. А. Т. Головатого, П. И. Борцова]. - М.: Транспорт, 1985. - 351 с.
48. Абрамов О. В. Прогнозирование состояния технических систем / О. В. Абрамов - М.: Наука. 1990. – 126 с.
49. Барзилович Е. Ю. Надежность авиационной техники / Е. Ю. Барзилович, В. Г. Мезенцев, М. В. Савенков. - М.: Транспорт, 1982.–182с.
50. Вентцель Е. С. Теория вероятностей и ее инженерные приложения / Е. С. Вентцель, Л. А. Овчаров. - М.: Высшая школа, 2000. – 480с.

51. ДСТУ 3433 – 96: Надійність техніки. Моделі відмов. – К.: Держстандарт України, 1998. – 42 с.
52. Винтовой компрессор VS, поршневой компрессор. Киев: Дагакиран, 2004.-2 с.
53. Скворцов Л. С. Компрессорные и насосные установки. / Л. С. Скворцов - М.: Машиностроение, 1988. – 264 с.
54. Киселев В. И. Насосы, компрессоры, вентиляторы. / В.И. Киселев - М.: Металургиздат, 1959. – 256 с.
55. Баранов В. М. Компрессоры и холодильные установки / В. М Баранов. - Хабаровск, 2002. – 8 с.
56. Цанчев Г. Ротационные компрессоры для железнодорожного транспорта / Г. Цанчев. – София, 2000.- 21 с.
57. Черкасский В. М. Насосы, компрессоры, вентиляторы / В. М. Черкасский. - М.: Энергоатомиздат, 1984. - 416 с.
58. Хлумский В. М. Ротационные компрессоры и вакуум-насосы / В. М. Хлумский. - М.: Машиностроение, 1971. – 128 с.
59. Сухомлинов Р. М. Трохоидные роторные компрессоры / Р. М. Сухомлинов. - Харьков: «Вища школа», 1975. - 152 с.
60. Андреев П. А. Винтовые компрессорные машины / П. А. Андреев. Л.: Судпромиздат, 1961. - 252 с.
61. Компрессоры отечественного производства. М.: Дизель-Статус, 2006. - 12 с.
62. Абрамчук Ф. І. Двигуни внутрішнього згоряння: у 6 т. / Ф. І. Абрамчук, М. К. Рязанцев, А. Ф. Шеховцов. - Харків: НТУ «ХП», 2004 – Т.6:
63. Korn, G. Mathematical handbook. For scientist and engineers / G. Korn, T., Korn. – NY: McGraw-Hill Book Company, 1968. – 831 p.
64. Теория механизмов и машин / [К. В. Фролов, С.А. Попов, А. К. Мусатов и др.]; под ред. К. В. Фролова - М.: Высшая школа, 1987.– 496с.



65. Крейнин Г. В. Кинематика, динамика и точность механизмов: справочник / Г. В. Крейнин. - М.: Машиностроение, 1984. – 224 с.
66. Кожевников С.Н. Основание структурного синтеза механизмов/ С. Н. Кожевников. - К.: Наукова думка, 1979. – 230 с.
67. Озол О. Г. Теория механизмов и машин / О. Г. Озон - М.: Наука, 1984. – 432 с.
68. Братченко О. В. Аналітичне описання характеристик руху поршнів V-подібних тепловозних дизелів. / О. В. Братченко, Н. П. Карпенко, М. Б. Чубикало // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства. – Харків: ХНТУСГ, 2005. – Вип. 33. – С. 86-90.
69. Зиновьев В. А. Курс теории механизмов и машин / В. А. Зиновьев - М.: Наука, 1975. – 383 с.
70. Кіницький Я. Т. Теорія механізмів і машин: Підручник / Я. Т. Кіницький - К: Наукова думка, 2002. – 660 с.
71. Кожевников С. Н. Теория механизмов и машин / С. Н. Кожевников - М.: Машиностроение, 1971. – 591 с.
72. Артоболевский И. И. Теория механизмов и машин / И. И. Артоболевский - М.: Наука, 1988. – 640 с.
73. Кореняко О. С. Теорія механізмів і машин / О. С. Кореняко - К.: Вища школа, 1987. – 206 с.
74. Левитский Н. И. Теория механизмов и машин / Н. И. Левитський - М.: Наука, 1979. - 576 с.
75. Левитская О. Н. Курс теории механизмов и машин / О. Н. Левитская, Н. И. Левитский. – М.: Высшая школа, 1985. – 279 с.
76. Заблонский К. И. Теория механизмов и машин / К. И. Заблонский, И. М. Белоконев, Б. М. Щекин. - К.: Вища школа, 1989.– 376 с.
77. Яблонский А. А. Курс теоретической механики. Статика. Кинематика. Ч. 1. / А. А. Яблонский, В. М. Никифорова. - М.: Высшая школа, 1984. – 343 с.

78. Воронков И. М. Курс теоретической механики. / И. М. Воронков - М.: ОГИЗ, 1954. – 552 с.
79. Заблонський К. І. Деталі машин: підручник. / К. І. Заблонський. - Одеса: Астропринт, 1999. – 404 с.
80. Заблонский К. И. Прикладная механика / К. И. Заблонский. - Киев: Вища школа, 1984. – 279 с.
81. Чилкин М. Г. Общий курс электропривода / М. Г. Чилкин, А.С. Сандлер. - М.: Энергоиздат, 1981. 576с.
82. Мороз В. І. Основи конструювання і САПР технічних засобів залізничного транспорту [навчальний посібник] / В. І. Мороз, О. В. Братченко, К. В. Астахова. - Харків: УкрДАЗТ, 2009. – 136 с.
83. Мороз В. И. Математическое планирование исследования при оптимизации основных показателей турбопоршневого дизеля [в кн. Двигатели внутреннего сгорания] / В. И. Мороз - Харьков: Вища школа, 1976. – Вып. 24. – С. 96 – 102.
84. Налимов В. В. Теория эксперимента / В. В. Налимов. - М.: Наука, 1971. – 207 с.
85. Бондарь А. Г. Планирование эксперимента в химической технологии / А. Г. Бондарь, Г. А. Сташюха. - К.: Вища школа, 1976. – 184 с.
86. Ивоботенко В. А. Планирование эксперимента в электромеханике / В. А. Ивоботенко, Н. Ф. Ильинский, И. П. Копылов - М.: Энергия, 1975. – 185 с.
87. Рафалес-Ламарка Э. Э. Некоторые методы планирования и анализа биологических экспериментов / Э. Э. Рафалес-Ламарка, В. Г. Николаев. - К.: Наукова думка, 1971. – 120 с.
88. Винарский М. С. Планирование эксперимента в технологических исследованиях / М. С. Винарский, М. В. Лурье. - К.: Техника, 1975. – 168 с.

89. Ермаков С. М. Математическая теория планирования эксперимента / С. М. Ермаков – М.: Наука, 1983. – 392 с.
90. Ермаков С. М. Математическая теория оптимального эксперимента / С. М. Ермаков, А. А. Жиглявский . - М.: Наука, 1987. – 320 с.
91. Дитрих Я. Проектирование и конструирование: Системный подход / Я. Дитрих. - М.: Мир, 1981. – 456 с.
92. Иосилевич Г. Б. Детали машин / Г. Б Иосилевич. - М.: Машиностроение, 1988. – 368 с.
93. Хог Э. Прикладное оптимальное проектирование / Э. Хог, Я. Арора. - М.: Мир, 1983. – 478 с.
94. Mesarovic M. D., Takahara Y. General systems theory: mathematical foundations. Systems Research Center. Case Western Reserve University. Cleveland, Ohio, 1975. – 311.
95. Справочник технолога - машиностроителя: в 2т. [под ред. .А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова]. Том 1 – М.: Машиностроение, 1985. – 496 с.
96. Справочник технолога - машиностроителя: в 2т. [под ред. А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова]. Том 2 – М.: Машиностроение, 1985. – 487 с.
97. Обработка металлов резанием: справочник технолога [под ред. Г. А. Монахова]. – М.: Машиностроение, 1985.
98. Режимы резания металлов: справочник [под ред. Ю. Б. Барановского]. – М.: Машиностроение, 1972. – 321 с.
99. Писаренко Г. С. Опір матеріалів: Підручник / Писаренко Г. С., Квітка О. Л. , Уманський Е. С.; за ред. Г. С. Писаренко. - К.: Вища школа, 1993. – 655 с.
100. Смирнов А. Ф. Сопротивление материалов /А. Ф. Смирнов, А. В. Александров; под ред. А. Ф. Смирнова. - М.: Высшая школа, 1975. – 480 с.

101. Беляев Н. М. Сопротивление материалов / Н. М. Беляев - М.: Наука, 1976. – 607 с.
102. Феодосьев В. И. Сопротивление материалов / В. И. Феодосьев - М.: Наука, 1986. – 512 с.
103. Измерения электрических и неэлектрических величин / Н. Н. Евтихийев, Я. А. Купершмидт, В. Ф. Папуловский, В. Н. Скугоров. - М.: Энергоатомиздат, 1990. – 352 с.
104. Довгалев В. А. Теплотехнические измерения / В. А. Довгалев, Г. А. Мурин. - М.: Энергия, 1968. – 584 с.
105. Мурин Г. А. Теплотехнические измерения / Г. А. Мурин. - М.: Энергия, 1979. – 424 с.
106. Панченко С. И. Локомотивное хозяйство [учебное пособие по дипломному проектированию] / С. И. Панченко - М.: Транспорт, 1988. – 192с.
107. Методические рекомендации по определению экономической эффективности мероприятий научно-технического прогресса на железнодорожном транспорте / ВНИИЖТ МПС. – М.: Транспорт, 1991. – 239 с.
108. Методические указания по определению экономической эффективности новой техники, изобретений рационализаторских предложений на железнодорожном транспорте» / ВНИИЖТ МПС – М.: Транспорт, 1980 – 144 с.
109. Балака Е. И., Оценка экономической эффективности инвестиций в мероприятиях научно-технического прогресса [учебно-методическое пособие] / Е. И. Балака, И. Г. Бойко; под. ред. В. Л. Диканя. - Харьков: Основа, 1995. - 254 с.
110. Методичні рекомендації з формування вартості продукції (робіт, послуг) у промисловості. - К.: ДП Державний інститут комплексних техніко-економічних досліджень міністерства промислової політики України, 2007. - 306 с.